

INFLUENCIA DEL TIPO DE DIETA SOBRE LA COMPOSICIÓN DE LA GRASA DE LA LECHE DE CABRA Y OVEJA

M.Remedio Sanz Sampelayo ^{(1) (3)} y Julio Boza López ^{(2) (3)}

Resumen

Después de analizar la composición específica de la grasa de la leche del pequeño rumiante, composición que le confiere un valor muy especial tanto desde un punto de vista nutritivo como saludable, se revisa la información disponible sobre los aspectos de naturaleza y composición de la dieta del animal, que son capaces de hacer cambiar tanto el contenido en grasa de su leche como la composición de la misma. Los distintos estudios realizados pretenden en última instancia, llegar a optimizar la producción de este tipo de leche, para lo que se viene teniendo en cuenta especialmente, el destino industrial que tanto la leche de oveja como de cabra hoy tiene, sirviendo de materia prima para la elaboración de distintos productos lácteos, especialmente queso.

La forma física de presentación de la fracción forraje de la dieta y/o relación forraje/concentrado de la misma, se muestra como aspecto a considerar en cuanto a determinar especialmente, el contenido en grasa de la leche, lo que en el caso de la cabra, parece depender de la ingesta energética en cada caso alcanzada. La suplementación con distintos tipos de grasa, sobre todo protegida frente al metabolismo ruminal, se señala como la principal estrategia con la que no sólo puede paliarse ciertas limitaciones de la ración, originadas por el sistema de producción practicado (sistema semiextensivo), en determinadas zonas donde la producción del pequeño rumiante resulta más extendida (zonas áridas y semiáridas), sino que por medio de ella, es posible llegar a modular de manera bastante eficiente, tanto el contenido como la composición de la grasa de este tipo de leche, dependiendo esto de la naturaleza de la grasa empleada así como de su composición. Junto al sistema de producción en cada caso practicado, la implicación de otros factores como el estado de la lactación y la capacidad productora del animal, es también al parecer, digna de tenerse en cuenta.

(1) Unidad de Nutrición Animal, Estación Experimental del Zaidín (CSIC). Profesor Albareda, 1. 18008 Granada.

(2) de las Reales de Medicina y de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental.

(3) IV Ciclo de Conferencias sobre Alimentación Fuera del Hogar. Málaga, del 5 al 7 de octubre de 2005.

Introducción

La leche de los pequeños rumiantes, oveja y cabra, presenta un especial interés económico en determinadas zonas del planeta. En los países subdesarrollados, la producción de esta clase de leche ha llegado a constituir una estrategia útil para hacer desaparecer la desnutrición sobre todo en la población infantil (Haenlein, 1996, 2001, 2004). Independientemente de esto, hay que considerar que la producción de pequeños rumiantes presenta un interés particular, resultando ser el recurso sostenible con mejores expectativas de rentabilidad económica y estabilidad demográfica, principalmente en las zonas desfavorecidas, zonas áridas y semiáridas del planeta. Estas especies explotadas en dichas zonas de manera extensiva o semiextensiva, en base a razas autóctonas, presentan el interés de preservar la variabilidad genética, alcanzando bajos costos de producción por el adecuado aprovechamiento de los recursos naturales, produciendo alimentos de una extraordinaria calidad, leche para la industria y carne de animal joven (Boza, 1993, 2005).

Como indica Haenlein (1996, 2004), el consumo de leche procedente de los pequeños rumiantes puede quedar originado en unos casos, simplemente por ser la leche más bien disponible, en otros, por ser la base de alimentos especialmente preferidos (queso de oveja y cabra) o incluso, por poder llegar a satisfacer en función de su composición, requerimientos específicos de determinados estratos de la población.

Características específicas de composición de la grasa de la leche de oveja y cabra:

Uno de los aspectos de composición más interesante ligado a la leche de los pequeños rumiantes, es el que se refiere a la naturaleza de su grasa. La leche de oveja y cabra presenta una grasa cuyo contenido en los llamados triglicéridos de cadena media (MCT), triglicéridos formados por ácidos grasos cuya cadena carbonada tiene entre 6 y 14 átomos de carbono, alcanzan normalmente, un porcentaje mayor del 30%, a diferencia de la leche de vaca que no presenta de estos compuestos más del 20%. Es por esto por lo que los ácidos grasos caproico (C6:0), caprílico (C8:0) y cáprico (C10:0), toman su nombre concretamente de la leche en donde mayormente aparecen, alcanzando estos tres ácidos grasos en la leche de cabra un 15%, valor que sólo llega al 5% en la de vaca. Estos MCT presentan un interés muy especial desde incluso, un punto de vista terapéutico, a causa de su particular metabolismo y, en consecuencia, utilidad en determinadas enfermedades metabólicas (Haenlein, 1992, 1996, 2001, 2004; Boza y Sanz Sampelayo, 1997).

Los MCT se caracterizan por seguir una vía de utilización metabólica distinta de la seguida por los triglicéridos constituidos por ácidos grasos de cadena larga (LCT). Los ácidos grasos libres originados en la hidrólisis de los MCT, son capaces de ser absorbidos sin reesterificación en las células intestinales, entrando directamente en la vena porta, siendo transportados al hígado y tejidos periféricos, fijados a proteínas o como ácidos grasos libres. Su bajo peso molecular y su hidrosolubilidad, facilita la acción de los enzimas digestivos, haciendo que la hidrólisis sea más rápida y completa que la de los LCT y, a diferencia de la de estos, la digestión de los MCT comienza a producirse en el estómago, ya que la lipasa gástrica, prácticamente sin acción sobre los LCT, inicia la hidrólisis de los MCT, la que será completada por la lipasa pancreática, a un ritmo cinco veces superior a la hidrólisis de los LCT (Haenlein, 1992, 1996; García Unciti, 1996; Boza y Sanz Sampelayo, 1997).

Los ácidos cáprico y caprílico, así como otros MCT, han llegado a constituir tratamiento específico en pacientes aquejados de diferentes casos de malabsorción, insuficiencia pancreática, déficit o ausencia de sales biliares, así como en los afectados de resección intestinal, utilizándose también en la alimentación de pacientes desnutridos, niños prematuros, epilepsia infantil, entre otras patologías, todo ello en función de la facilidad con la que estos compuestos son capaces de generar energía (Babayan, 1981; Haenlein, 1992; García Uncity, 1996). Revisando este aspecto de composición de la leche de cabra Haenlein (2004) comenta los resultados obtenidos en diferentes estudios llevados a cabo en niños con síndrome de malabsorción (Hachelaf et al., 1993) o desnutridos (Razafindrakoto et al., 1993), niños que fueron alimentados con leche de cabra en lugar de la de vaca, obteniéndose en el primer caso, una mejor absorción de la grasa y, en el segundo una más alta ganancia de peso, resultados sin duda debidos al cambio que en la disponibilidad energética a nivel metabólico, tuvo lugar en virtud del cambio de alimentación practicada. Respecto de los efectos beneficiosos que pueden derivarse del consumo de leche de cabra en lugar de la de vaca, en razón de la composición de su grasa, de especial importancia resultan una serie de estudios llevados a cabo en España, donde utilizando un modelo experimental adecuado, ratas con un 50% de resección intestinal a nivel distal y empleando unas dietas en las que la grasa procedía bien de leche de vaca o de cabra, se obtenía bajo consumo de la dieta con grasa de leche de cabra, una francamente mejor digestibilidad de la grasa (Alfárez et al., 2001), mostrando igualmente dicha dieta una mejor utilización de Fe y Cu (Barrionuevo et al., 2002), así como de la proteína y Mg (López-Aliaga, 2003) y del Ca y P (Campos et al., 2003), deduciéndose también, que dicha dieta era capaz de producir una mayor secreción biliar de colesterol junto a una caída de los niveles plasmáticos del mismo (López-Aliaga et al., 2005).

Otro aspecto digno de comentarse en relación con el perfil en ácidos grasos de la grasa de este tipo de leche, es el que se refiere a su contenido en ácidos grasos de cadena ramificada con menos de 11 átomos de carbono. Ha y Lindsay (1993) determinan estos ácidos por primera vez en la leche de cabra, estableciendo al mismo tiempo, como resultan prácticamente inexistentes en la de vaca. Alonso et al. (1999) y Chilliard y Lamberet (2001) indican que algunos de estos ácidos intervienen de manera significativa en el desarrollo de las características organolépticas de los productos lácteos derivados de la leche del pequeño rumiante.

Estas y otras diferencias existentes entre la composición en ácidos grasos de la leche del pequeño rumiante, más concretamente de la cabra, y la de vaca, son las que hacen decir a Chilliard et al. (2003) que la regulación del funcionamiento de las células mamarias difiere entre la especie caprina y bovina, sobre todo en lo que se refiere a los procesos de elongación de los ácidos grasos que son sintetizados *de novo* por el complejo ácido graso sintetasa.

Respecto del contenido en ácidos grasos *trans*, los que resultan por sus efectos metabólicos tan perjudiciales como los ácidos grasos saturados, Chilliard et al. (2003) en su revisión sobre los factores que afectan a la síntesis de grasa en la leche de cabra, indican que entre el 5-15% de la cantidad total de C18:1 es de configuración *trans*, tanto en la leche de cabra (Bickerstaffe et al., 1972; Calderón et al., 1984; Alonso et al., 1999) como en la de vaca (Storry y Rook, 1965; Selner y Schultz, 1980), resultando en ambos tipos de leche el principal ácido C18:1 *trans* el ácido *trans*-vaccenico. En el trabajo de Alonso et al. (1999) estos autores encuentran que la cantidad total de C18:1 *trans* de la leche de cabra era de un 2.12% de la grasa total, comentando que esta cantidad resultaba menor que la del 3.80% encontrada en la leche de vaca por Pretch y Molkentin (1966) y Wolf (1995). Recientemente Ledoux et al. (2002) informan de que el contenido en ácidos grasos *trans* C18:1, resulta semejante en la leche de cabra y vaca. Independientemente de estos comentarios, lo que resulta más lógico pensar en relación con el contenido en ácidos grasos *trans* de la leche tanto de oveja como de cabra, es que debido al origen de los mismos, hidrogenación de los ácidos grasos poliinsaturados correspondientes, contenidos tanto en la fracción forraje como concentrado de la dieta, dicho contenido dependerá en cada caso del sistema de alimentación practicado y dieta en cuestión, no pareciendo existir hasta el momento, una información concluyente sobre si la grasa de la leche del pequeño rumiante podría presentar de manera específica, un contenido de ácidos grasos *trans* diferente del que bajo semejantes circunstancias presentaría la grasa de la leche de vaca.

Sin duda, el aspecto más novedoso que ahora se señala en cuanto a la composición de la grasa de la leche del rumiante, es el que se refiere a su contenido en ácido linoleico conjugado (CLA). Los efectos beneficiosos que sobre la salud del consumidor dicho compuesto parece determinar (McGuire y McGuire, 2000), ha hecho en parte, contrarrestar el handicap existente en relación con el consumo de los alimentos derivados del rumiante, en razón de la naturaleza saturada de su grasa. De acuerdo con el origen de este ácido graso (hidrogenación parcial en el rumen del C18:2 contenido en la dieta) parece lógico suponer que como en el caso de los ácidos grasos *trans*, su contenido en la leche del pequeño rumiante, dependerá esencialmente, de la composición de la dieta consumida (Bauman y Griinari, 2000; Chilliard et al., 2000; Collomb et al., 2002). Este efecto es el que recientemente hace decir a Nudda et al. (2005) que el contenido en CLA de la grasa de la leche de oveja en comparación con la de vaca, podría resultar más alto debido al sistema semiextensivo bajo el que la oveja generalmente se mantiene.

Aspectos a considerar en cuanto al efecto que la composición de la dieta consumida puede tener sobre el contenido en grasa de la leche de oveja y cabra

Efecto del nivel de ingesta y naturaleza físico-química de la ración

Lo primero a indicar es que la composición óptima que puede pretenderse que presente una leche, vendrá determinada por el destino de la misma. En este sentido, la leche tanto de oveja como de cabra, hoy por hoy, constituye una leche industrial que se deriva prácticamente en su totalidad para la elaboración de diferentes productos lácteos, especialmente queso, interesando por tanto el obtener en función de la alimentación del animal, altas producciones con máximas cantidades tanto de proteína como de grasa, componentes que en un principio, determinan el rendimiento quesero. Además, resulta bien conocido cómo la calidad de estos quesos depende de su cremosidad y sabor de acuerdo con su contenido en grasa así como de la composición de la misma. Por ejemplo, el sabor característico de los quesos de cabra se debe especialmente, a su contenido en ácidos grasos de cadena corta (C6 – C10) así como de ramificados con menos de 11 átomos de carbono (Alonso et al., 1999; Chilliard y Lambert, 2001).

Al revisar lo que en este sentido sucede en la oveja, Caja y Bocquier (2000) indican que de acuerdo con el destino de este tipo de leche lo que interesa es optimizar la producción, teniendo siempre en cuenta que la cantidad de leche producida queda inversamente relacionada con la concentración de sus principales componentes, entre

ellos la grasa. Esto es lo que en un principio origina que el efecto del nivel de ingesta o ingesta energética, resulte negativo en cuanto al contenido en grasa de la leche de oveja, ya que lo que generalmente produce una mayor ingesta energética es un incremento en la cantidad de leche. El que en este caso se trate de un animal cuya capacidad de producción normalmente no ha sido alcanzada, es probablemente lo que hace que el efecto de la mayor ingesta energética sea el indicado y no dependa, como sucede en la cabra (Morand-Fehr et al., 2000), de la capacidad de producción del animal. Esto es lo que determina que cuando se pretende obtener una leche de oveja con un mayor contenido en grasa en función de la ingesta energética, la estrategia seguida sea la de administrar una dieta suplementada con una grasa (Casals y Caja, 1993), aspecto que analizamos en otro apartado de esta revisión.

Respecto del efecto de la naturaleza físico-química de la ración sobre el contenido en grasa de la leche de oveja, lo primero a indicar es que en el rumiante el modelo de fermentación ruminal que en cada caso se establece, depende esencialmente de la cantidad y calidad de la fracción fibrosa de la misma. El empleo de concentrados ricos en carbohidratos no estructurales, la caída en la razón forraje/concentrado de la dieta, el menor tamaño de partícula de la fibra o la presentación de ésta en forma granulada, son circunstancias tendentes a hacer menos eficiente el proceso de formación de acetato y butirato, los principales precursores de los ácidos grasos sintetizados en la glándula mamaria, produciéndose en consecuencia, una leche de menor contenido en grasa (Sutton, 1976). Escasos resultan los estudios en los que se analiza el efecto que la naturaleza físico-química de la ración puede determinar sobre el contenido en grasa de la leche de oveja. En este sentido resulta bien conocido el efecto negativo que un alto nivel de concentrado, superior al 60% de la materia seca, puede llegar a tener sobre el contenido en grasa de la leche de oveja, lo que en opinión de Caja y Bocquier (2000) se debería esencialmente, a la implantación a nivel del rumen de una rápida degradación de los carbohidratos no estructurales, lo que produciría una caída sensible en el pH, alterándose las cantidades y composición de la proteína microbiana, limitándose en consecuencia, la degradación de los carbohidratos estructurales. Caja y Bocquier (2000) igualmente comentan que al administrarse en ovejas dietas granuladas diferentes en cuanto a su contenido en energía y proteína (Cannas et al., 1998), se originaba una leche con un bajo contenido en grasa, hecho que se debería igualmente, a tratarse de dietas con un alto contenido en carbohidratos no estructurales.

Respecto del efecto que en la cabra por una parte, el nivel de ingesta energética determina sobre el contenido en grasa de la leche y, por otro, el que en el mismo sentido

es capaz de ejercer la naturaleza físico-química de la ración, la información disponible apunta en general a considerar la existencia de una interacción entre ambos factores, interacción en la que queda igualmente implicada la capacidad productora del animal. Desde hace tiempo se venía considerando que al utilizar en este animal dietas que por su naturaleza producen en la vaca el llamado síndrome de leche de bajo contenido en grasa, no siempre se obtenían en la cabra resultados indicativos de la existencia de un efecto semejante. Distintos resultados obtenidos a partir del empleo de dietas en las que la razón forraje/concentrado se hacía cambiar ampliamente, manteniéndose la ingesta energética, indican que el cambio seguido en el contenido en grasa de la leche, resultaba pequeño o incluso insignificante (Mowlen et al., 1985; Gihad et al., 1987), resultados que permiten comentar a Morand-Fehr et al. (1991) sobre que la cabra parece ser menos sensible que la vaca a la deficiencia en fibra de su ración. En este sentido, Sauviant et al. (1986) llegan incluso a manifestar que siempre que la razón forraje/concentrado de la ración se sitúe por encima del valor 20/80, el estatus energético del animal llega a ser más importante que la proporción relativa de los dos constituyentes de la dieta. De la misma manera Giger et al. (1987) al emplear en esta misma especie distintos concentrados en cuanto a la naturaleza de sus hidratos de carbono, concluyen en que ésta no llega a tener efecto sobre la concentración en grasa y proteína de la leche, cantidades que quedan determinadas por el balance energético del animal. Igualmente, Sanz Sampelayo et al. (1996, 1998) al emplear en cabras en lactación una dieta en la que la fracción forraje se administraba bien en forma de un heno de alfalfa de fibra larga o en forma granulada, obtienen una misma producción de leche, resultando no diferente la concentración en grasa de ésta, todo ello como consecuencia de la prácticamente igual ingesta energética alcanzada. De acuerdo con estos resultados Morand-Fehr et al. (1991) llegan a indicar que en la cabra y a no ser que se alteren desmesuradamente las características de composición físico-química de la ración, ésta llega a tener sólo un efecto indirecto sobre la composición de la leche producida, efecto debido al que sobre la ingesta energética puede establecerse.

En la última revisión llevada a cabo por Morand-Fehr et al. (2000) sobre los efectos que la alimentación tiene en la composición de la leche de cabra, estos autores indican que la administración de un concentrado bajo condiciones de pastoreo, tiene pocos efectos sobre la composición de la leche, siempre que la ingesta de concentrado no resulte mayor del 50% de la ingesta de materia seca (Andrade et al., 1996; Fedele et al., 2000). En este caso, el porcentaje de grasa y proteína de la leche puede incluso aumentar, siempre que se haya ya alcanzado el límite en la capacidad productora del animal (Rubino et al., 1995; Havrevoll et al., 1998). En opinión de Morand-Fehr et al.

(2000) el efecto de la naturaleza físico-química de la ración, resulta mayor en los animales de más alta capacidad productora que en los de capacidad media. Esto mismo es lo que parece advertirse respecto del efecto que el nivel de ingesta energética normalmente ejerce. Morand-Fehr et al. (2000) comentan cómo la mayor ingesta energética da lugar normalmente, a una mayor producción de leche, alcanzando ésta un menor contenido en grasa (Schimidely et al., 1999). Sin embargo, los autores indican cómo en animales de más baja capacidad de producción, un aumento en la ingesta energética puede algunas veces, dar lugar a una mayor producción de leche y, en otras, a una leche con un porcentaje de grasa y proteína más altos (Hussain et al., 1996), asumiéndose que la capacidad de producción de leche ha sido alcanzada cuando una mayor ingesta energética determina la producción de leche con un porcentaje de grasa más alto y, que dicha capacidad no ha sido alcanzada cuando la mayor ingesta energética lo que consigue es una producción de leche más alta.

Independientemente de lo dicho y como medida preventiva, debe evitarse el que en la cabra, en virtud del sistema de alimentación practicado y de los efectos ejercidos al mismo tiempo por otros factores, la ración consumida resulte deficitaria en fibra, pudiéndose entonces producir una leche con un bajo contenido en grasa, aumentando el riesgo de la llamada inversión en el porcentaje, es decir, la producción de una leche en la que el porcentaje de proteína llega a ser más alto que el de grasa (Bocquier et al., 2000). En este sentido, Morand-Fehr et al. (2000) informan cómo fue primeramente Goby y Rochon (1998) los que observaron que el porcentaje de grasa en la leche de cabra mantenida en pastizales mediterráneos, podía llegar a ser más bajo que el de proteína, a causa de la baja disponibilidad de la vegetación existente en dichas zonas, sobre todo en verano, a lo que se une el que la ingesta de carbohidratos rápidamente degradables puede aumentar en algunas épocas del año, por ejemplo en primavera. Recientemente Sauvant y Morand-Fehr (2000) analizan la respuesta de la cabra al consumo de concentrado, en cuanto a la producción y composición de su leche, derivando una ecuación por la que se estima el contenido en grasa de la misma según el aporte de concentrado, ecuación por la que se deduce que cada kg de aumento en la ingesta de concentrado, da lugar a una caída en el contenido en grasa de la leche de 2.8 g/kg.

Junto a todo lo indicado referente a la sensibilidad que la cabra presenta frente al síndrome de producción de leche de bajo contenido en grasa, quizás habría que recordar lo indicado por distintos autores, de que en el pequeño rumiante o más concretamente en la cabra, la tasa de paso de la digesta es mayor (Van Soest, 1997; Hart, 2000). Van Soest (1997) indica que dado que el turnover ruminal queda relacionado con el

peso del animal elevado al exponente 0.25, en los pequeños rumiantes el contenido ruminal se reemplaza por uno nuevo con mayor frecuencia que lo hace en los de más peso, lo que conlleva a que lleguen a disponer de menos tiempo para retener y digerir en el rumen los constituyentes dietéticos de digestión más lenta. En consecuencia, estos animales satisfacen una cuantía menor de sus requerimientos energéticos a partir de los ácidos grasos volátiles, lo que los muestra más semejantes a los no rumiantes, en cuanto que cantidades más altas de su ingesta escapan del rumen sin ser alteradas, siendo directamente digeridas bien en el estómago o en el intestino delgado. En consecuencia, el estatus energético del animal adquiere un protagonismo especial en cuanto a la cantidad y composición de la leche producida.

Efecto de la suplementación de la dieta con grasa sobre el contenido en grasa de la leche de oveja y cabra

Consideraciones generales

La estrategia alimenticia con la que se consigue hacer cambiar de manera más sensible tanto la cantidad como la composición de la grasa de la leche de oveja y cabra, es la del empleo de diferentes tipos y niveles de grasa en la dieta. Ya Storry et al. (1980) al administrar a vacas lecheras una grasa protegida, obtienen una mayor secreción de ácidos grasos en la leche, hecho que en opinión de los autores reflejaba la capacidad que la vaca en lactación parecía tener de transportar y utilizar para la formación de grasa láctea, cantidades de grasa mucho mayores que las que normalmente se suministran en la dieta.

Las razones por las que en el pequeño rumiante puede resultar interesante el utilizar esta estrategia de alimentación, han sido comentadas por distintos autores (Casals y Caja, 1993; Casals et al., 1999) los que indican cómo la explotación de estos animales en zonas desfavorecidas, zonas áridas y semiáridas, se encuentra frecuentemente asociada a la alternancia de épocas de escasez de alimento con otras en las que la producción de forrajes resulta más adecuada, pudiendo entonces los animales acumular reservas corporales que serán movilizadas en los períodos de carencia. En estos casos, cuando la disponibilidad alimenticia es más escasa y debido a que generalmente, el animal es suplementado en pesebre con un concentrado con objeto de mantener su producción, la razón forraje/concentrado puede llegar a alcanzar valores relativamente bajos, lo que originaría como ya hemos comentado, una caída sensible en el contenido en grasa de la leche, contenido que resulta ser el factor que más determina el precio de

la misma, de acuerdo con el efecto que dicho componente tiene sobre la calidad de los quesos. En estas circunstancias la sustitución de parte de los cereales del concentrado por lípidos, resulta ser una estrategia digna de tener en cuenta. Casals y Caja (1993) indican cómo ello lograría aumentar la densidad energética de la ración, lo que permitiría reducir el aporte de concentrado, lográndose en consecuencia, una relación forraje/concentrado más adecuada. Al mismo tiempo y junto con evitarse la producción de una leche de bajo contenido en grasa, se podría dar lugar incluso, a la producción de mayor cantidad de grasa láctea.

Junto a lo indicado y como efectos negativos a considerar, tenemos que la suplementación de la dieta del rumiante con grasa, puede dar lugar a la caída en la ingesta junto a la producción de una leche con un menor contenido en proteína. La caída que la ingesta de alimento en tales circunstancias experimenta, podría ser debida a la mayor densidad energética de la dieta (Forbes, 1986) o a la alteración que la función ruminal puede experimentar, dependiendo de la cantidad de grasa y del grado de protección de la misma (Kadzere y Jingura, 1993). En cuanto a la caída en el contenido en proteína de la leche, dado que es un aspecto analizado en otro lugar, aquí sólo indicaremos cómo parece que este hecho presenta una menor intensidad en el pequeño rumiante, sobre todo en la cabra. En efecto, en la oveja y durante la fase inicial de la lactación, se ha constatado que la suplementación con grasa produce una leve caída en el contenido en proteína de la leche o incluso, ningún cambio al respecto (Robinson, 1986; Kovessy et al., 1987; Casals et al., 1991, 1992a), señalando Pérez Hernández et al. (1986) incluso la existencia de un pequeño incremento en dicho contenido. Por el contrario, si parece existir un efecto negativo y pronunciado, en etapas más avanzadas de la lactación (Casals et al., 1989). En la cabra se ha deducido no sólo que la adición de grasa a la dieta no determina una caída en el contenido en proteína de la leche, sino que éste contenido puede incluso incrementarse, siempre que se trate del empleo de grasas saturadas o bien protegidas, las que se incluyen en la dieta a un nivel no alto (Chilliard y Bocquier, 1993; Chilliard et al., 2003).

Resultados obtenidos en ovejas

Analizando los resultados obtenidos en la oveja, diremos que éstos han sido revisados por distintos autores (Casals y Caja, 1993; Chilliard y Bocquier, 1993; Caja y Bocquier, 2000), revisiones que en un principio, indicaban la escasez de estudios existentes al respecto (Casals y Caja, 1993), llegándose últimamente a manifestar el crecimiento experimentado por los mismos, debido a los buenos resultados obtenidos tanto

en vacas como en cabras (Caja y Bocquier, 2000). Los estudios correspondientes se refieren especialmente, al efecto que el empleo de grasas protegidas frente al metabolismo ruminal, llegan a tener sobre la producción y composición de la leche. La grasa protegida en cuestión se refiere a sales cálcicas de ácidos grasos de cadena larga, especialmente el palmítico (Pérez Hernández et al., 1986; Casals et al., 1989, 1991, 1992a, b, 1999; Sklan et al., 1990; Horton et al., 1992; Casals y Caja, 1993), así como también, sales cálcicas de los ácidos grasos del aceite de oliva (Pérez Alba et al., 1997; Dobarganes García et al., 2005), habiéndose igualmente utilizado bien solas o con vistas a la comparación, distintas semillas oleaginosas más sales cálcicas del ácido palmítico (Osuna et al., 1998), así como distintas dosis de harina de pescado (Kovessy et al., 1987).

Desde los primeros estudios llevados a cabo hasta los realizados en nuestros días tanto en la oveja de carne como de leche, los resultados obtenidos apuntan a considerar que para que como consecuencia de la suplementación con la grasa se produzca en primer lugar, una mayor producción de leche, se necesita que el animal de acuerdo con la ingesta alcanzada, adquiera un estatus energético más alto (Horton et al., 1992; Pérez Alba et al., 1997). Sin embargo, en la mayoría de los casos e independientemente de la ingesta, la producción de leche no sufre cambios sensibles. En opinión de Casals et al. (1999) y a semejanza de lo que sucede en la vaca, cuando se trata de animales de relativamente alta capacidad de producción, en los casos en los que la ingesta resulta más baja, el animal podría compensar este hecho por medio de una movilización de reservas, con lo que la producción resultaría similar a la que tiene lugar bajo un nivel de ingesta mayor. De acuerdo con esto, los autores citados (Casals et al., 1999) observaron una caída en la condición corporal de ovejas al comienzo de la lactación, lo que conseguía que la producción de leche no se viera afectada por la menor ingesta voluntaria que entonces tenía lugar.

La mayor concentración que de grasa se obtiene en la leche de oveja, cuando se administra una dieta suplementada con grasa, es sin duda el resultado más generalmente conseguido, efecto dependiente del tipo de grasa utilizado, nivel incluido en la dieta, estado de la lactación, etc., obteniéndose igualmente en la mayoría de los casos, una mayor producción total de grasa (Pérez Hernández et al., 1986; Horton et al., 1989; Pérez Alba et al., 1997; Casals et al., 1999), pareciendo en este sentido intervenir junto a la razón forraje/concentrado, igualmente la digestibilidad de la fibra y de la grasa de la ración. En cuanto al efecto del momento de la lactación, el incremento en la concentración de grasa de la leche se observa sobre todo, al comienzo de la misma, disminuyen-

do conforme el proceso avanza. En este sentido y en opinión de Casals et al. (1999), parece resultar importante la eficiencia con la que en cada momento, la grasa de la dieta se trasfiere a leche. Al comienzo de la lactación la mayor ingesta de concentrado y por tanto de grasa, podría determinar la mayor concentración de grasa que entonces presenta la leche producida. La menor respuesta que en este sentido, se detecta al final de la lactación, coincide con la etapa en la que el peso vivo y la condición corporal del animal comienzan a recuperarse, siguiendo entonces esta dirección especialmente, la grasa de la dieta. En este sentido Caja y Bocquier (2000) llegan igualmente a indicar cómo la eficiencia de transferencia a leche de una grasa que en forma de sales cálcicas se introduce en la dieta de la oveja, resulta más alta durante el período de cría que durante el ordeño. Estos autores llegan a indicar que la ingesta óptima para lograr una producción máxima de grasa láctea, sería de 120 y 70 g/animal y día, para el período de cría y ordeño, respectivamente.

En cuanto al efecto que el nivel de grasa incluido en la dieta tiene sobre la concentración de grasa en la leche de la oveja Casals et al. (1992b) deducen que en animales de carne, al introducir en la dieta niveles de sales cálcicas de ácidos grasos entre 0-20%, el efecto indicado resulta prácticamente lineal y creciente, incrementándose el porcentaje de grasa en la leche, a razón de 1,5 puntos por cada 100 g de sales cálcicas consumidos por animal y día.

Un aspecto igualmente analizado es el que se refiere a la persistencia de los efectos conseguidos por medio de la suplementación de la dieta de la oveja con una grasa, una vez que la suplementación se suspende. Pérez Hernández et al. (1986) administran a ovejas una dieta con una alta suplementación lipídica, obteniéndose en consecuencia, un sensible incremento de la concentración de grasa en la leche, incremento que una vez suspendida la suplementación, disminuía hasta alcanzar unos valores basales a los 7 días de suspendida la suplementación, volviéndose nuevamente a alcanzar el efecto citado, al introducir de nuevo la suplementación.

Resultados obtenidos en cabras

Respecto de lo que sucede en la cabra bajo una suplementación de su dieta con grasa, es tema tratado en distintos estudios de revisión (Sauvant et al., 1986; Polidori et al., 1991; Casals y Caja, 1993; Morand-Fehr et al., 1982, 2000; Chilliard et al., 2003). En este sentido, quizás lo primero a comentar es cómo el contenido en grasa de la leche de cabra baja cuando la dieta se empobrece en lípidos (Delage y Fehr, 1967; Morand-Fehr

et al., 1984), lo que presenta a esta estrategia con un particular interés. Igualmente presenta en opinión de Morand-Fehr et al. (2000), un interés particular el hecho de que en esta especie, la suplementación de la dieta con grasa no suele determinar una caída en el contenido en proteína de la leche. Así mismo comentan estos autores cómo el efecto indicado resulta igualmente interesante, al poderse reducir por esta vía, el riesgo de inversión de los porcentajes en leche, sobre todo en los casos de empleo de dietas con bajo contenido tanto en fibra como en grasa. Casals y Caja (1993) comentan en su estudio de revisión cómo en la cabra en lactación se han ensayado más tipos diferentes de grasa que en la oveja. Antes del empleo de grasas protegidas, sobre todo en forma de jabones cálcicos, distintos tipos de grasa; aceites vegetales, grasas animales, semillas de oleaginosas, etc. habían sido empleados, obteniéndose generalmente, junto a una mayor producción de leche, una más alta concentración de grasa e incluso de proteína (Delage y Fehr, 1967; Morand-Fehr et al., 1984; Daccord, 1987).

El interés del empleo en la alimentación de la cabra lechera, de diferentes tipos y niveles de grasa, viene motivado por la necesidad de paliar ciertas limitaciones que en cuanto a la disponibilidad de alimento o naturaleza del mismo, muchas veces se establece, en razón del sistema de producción al que los animales se someten, sobre todo en determinadas zonas áridas y semiáridas de la cuenca mediterránea (Casals y Caja, 1993). La sustitución de parte del concentrado con el que el animal se suplementa en pesebre, por una grasa en forma de jabones cálcicos, es la vía por la que lo dicho anteriormente se suele llevar a cabo (De María-Ghionna et al., 1987; Baldi et al., 1988, 1992; Polidori et al., 1989; Guevara et al., 1992, 1994; Gafo et al., 1995; Rousselot et al., 1995; Brown-Crowder et al., 1996; Pérez et al., 1998; Martin et al., 1999; Sanz Sampelayo et al., 2000, 2002b, 2004), obteniéndose un mayor contenido de grasa en la leche, incremento que depende del nivel de grasa existente en la dieta, capacidad productora del animal y estado de la lactación.

Sobre el efecto que el período de la lactación puede tener cuando la dieta de la cabra lechera se suplementa con una grasa, Chilliard et al. (2003) revisan la información existente indicando que al comienzo de la lactación, lo que normalmente se obtiene es junto a una mayor producción de leche, un contenido en grasa de la misma más alto, resultando variable el efecto conseguido sobre el contenido en proteína (Morand-Fehr et al., 1984, 1986, 1987; Brown-Crowder et al., 2001). Sobre lo que sucede en el centro o final de la lactación, junto a no afectarse normalmente, la producción de leche, se observa siempre un incremento sensible en su contenido en grasa, resultando igualmente variable, el efecto que sobre el contenido en proteína se obtiene. Lo conseguido

no parece depender del tipo de grasa empleado, no obteniéndose incluso, a diferencia de lo que sucede en la vaca, una caída en el contenido en grasa de la leche, cuando la dieta se suplementa con aceites vegetales, altos en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) (Lanzani et al., 1985; Daccord, 1987; Bartocci et al., 1988; Baldi et al., 1992; Hadjipanayoutou, 1999; Mir et al., 1999; Schmidely y Sauvant, 2001). En relación con estos resultados Chilliard et al. (2003) después de analizar las causas que a nivel metabólico determinan en la vaca el que al suplementar su dieta con grasa, se obtenga al comienzo de la lactación un incremento del contenido en grasa de su leche mayor que el que se consigue en el centro o final de la misma, indican cómo lo que normalmente se deriva en la cabra es lo contrario. Sin embargo Sauvant et al. (1986) informan sobre la existencia de una mayor transferencia de los lípidos de la dieta a la leche al inicio de la lactación siempre que se trate de una dieta rica en forraje. Un aporte elevado de concentrado favorecería más la actividad anabólica del tejido adiposo, en detrimento del contenido en grasa de la leche.

Chilliard et al. (2003) indican igualmente en su revisión, cómo la respuesta de la cabra lechera a la suplementación de su dieta con aceite de pescado, no es bien conocida, pareciendo diferente a la conseguida por otras grasas. Cuando este aceite se administra sin proteger, se produce una caída en la ingesta de materia seca junto a una menor producción de leche, presentando ésta un mayor contenido en grasa (Kitessa et al., 2001), resultados contrarios a lo que sucede en la vaca, en la que se deriva primeramente, una caída en la ingesta, obteniéndose a pesar de esto, una mayor producción de leche aunque con un contenido de grasa más bajo (Chilliard y Doreau, 1997). Cuando el aceite de pescado se introduce parcialmente protegido, no cambia ni la ingesta, ni la producción de leche ni su contenido en grasa (Kitessa et al., 2001), resultados que Chilliard et al. (2003) indican ser contrarios a los obtenidos por Léger et al. (1994), autores que al infundir en el duodeno de la cabra 4 g/d de EPA (C20:5) + DHA (C22:6) (los principales PUFAs contenidos en el aceite de pescado) consiguen una caída en el contenido en grasa de la leche, resultado coincidente con el que se obtiene en la vaca (Chilliard et al., 2000, 2001). Coincidiendo con lo obtenido por Kitessa et al. (2001), Pérez et al. (1998) y Sanz Sampelayo et al. (2000, 2002a), suplementan a la cabra lechera, en el centro de su lactación, con niveles diferentes de aceite de pescado en forma de sales cálcicas de sus ácidos grasos, obteniendo una igual ingesta de materia seca junto a también, similar producción de leche así como contenido en grasa de la misma. Por el contrario, al administrar este mismo suplemento al final de la lactación, se obtiene una mayor producción de leche, junto a un mayor contenido en grasa y proteína, prolongándose igualmente, la duración de la lactación (Sanz Sampelayo et al., 2004).

Las diferencias que respecto de la respuesta que las distintas especies de rumiantes desarrollan cuando su dieta se suplementa con una grasa (cantidad de leche producida, contenido en grasa y proteína de la misma, efecto del momento de la lactación, etc.) pueden en opinión de Chilliard et al. (2003) quedar originadas por las interacciones que entre la actividad digestiva y metabólica del animal y la naturaleza de las dietas empleadas (tipo de grasa, nivel de inclusión, grado de protección, etc.) en cada caso se establece. Chilliard et al. (2003) recuerdan en este sentido, cómo la tasa de paso de la digesta resulta más alta en la cabra que en la vaca (Hart, 2000), hecho que haría disminuir los efectos que los ácidos grasos contenidos en la grasa, ejercerían a nivel del rumen, efectos de los que podrían depender la síntesis de grasa en la glándula mamaria. Ya hemos comentado cómo ésta mayor tasa de paso de la digesta podría determinar el que en la cabra, el estatus energético resulte ser muchas veces, el principal factor determinante de la composición de su grasa, mucho más que pueda serlo las características físico-químicas de su ración.

Perfil en ácidos grasos de la grasa láctea de acuerdo con la alimentación practicada

Resultados obtenidos en ovejas

Como indican Morand-Fehr et al. (2000), dado el origen de los ácidos grasos secretados por la glándula mamaria, los dos aspectos de la composición de la dieta que pueden determinar no sólo el contenido en grasa de la leche, sino también su composición en ácidos grasos, son la cantidad y naturaleza de la fuente de fibra y la cantidad y naturaleza de la fuente de lípidos. Escasa es la información referente a cómo estos factores de composición de la ración, determinan la de la grasa de la leche de oveja. En este animal los estudios referentes al empleo de una grasa en la dieta, lo que intentan en general, es llegar a producir la máxima cantidad de leche con igualmente, un máximo contenido en grasa. Recientemente, han aparecido algunos resultados indicativos de cómo la naturaleza de la fracción forraje de la dieta es capaz de determinar la composición en ácidos grasos de la grasa de la leche de oveja. Algunos de estos estudios se refieren al análisis del efecto que el tipo de sistema de producción puede determinar sobre el contenido en CLA de la leche, deduciéndose que en estos animales mantenidos en pastoreo, cuando el pasto atravesaba su fase vegetativa, el contenido en CLA de la leche se incrementaba, disminuyendo considerablemente, durante la fase reproductora; efectos sin duda debidos al distinto contenido que según la fase correspondiente, el pasto alcanzaba de ácidos grasos poliinsaturados (Cabiddu et al., 2003).

Marques y Belo (2003) en ovejas en pastoreo suplementadas o no con maíz machacado, obtienen una leche con un mayor contenido en CLA en el caso de los animales no suplementados, efecto que como en el caso anterior, se debería a la distinta composición de los lípidos contenidos en el forraje consumido.

Igualmente escasa es la información referente al efecto que una suplementación lipídica de la dieta, puede tener sobre la composición de la grasa de la leche de oveja. Gargouri et al. (1997) utilizan sales cálcicas de ácidos grasos de cadena larga, especialmente palmítico y oleico, obteniendo junto a un mayor porcentaje de grasa en la leche una distinta composición de esta grasa, en el sentido de aumentar los niveles de C16:0 y C18:1 y disminuir los ácidos grasos C8 – C14, en razón esto último de la caída que la síntesis *de novo* experimentaba. En total se obtenía una leche con un menor contenido en ácidos grasos saturados y mayor de monoinsaturados. Los autores concluyen indicando cómo la alimentación parece ser un medio eficaz para modificar de manera relativamente rápida la composición en ácidos grasos de la leche de oveja en una dirección más deseada por el consumidor. Pérez Alba et al. (1997), administran sales cálcicas de los ácidos grasos del aceite de oliva a ovejas manchegas en lactación. Los animales suplementados con esta grasa, producían una leche con un menor contenido en ácidos grasos de cadena corta y media (C6 – C16) y C18:2, junto a mayores cantidades de C18:1 y C18:0. En opinión de los autores, el cambio en el perfil de ácidos grasos de la grasa láctea no parecía debido a una más baja producción de acetato, ya que la digestibilidad de la fibra se afectaba muy levemente. Tampoco sería debido a un efecto de dilución, ya que el contenido en grasa de la leche no se afectaba. En su opinión, el menor contenido en ácidos grasos de cadena corta y media, se debería a la menor síntesis de los mismos en la glándula mamaria, conociéndose cómo los ácidos grasos *trans* del C18:1 son inhibidores de la síntesis *de novo*, indicando los autores que estos ácidos grasos *trans* se detectaban en la leche de los animales suplementados. El aumento en la proporción de C18:0, se debería a su directa incorporación desde la dieta, pudiendo igualmente haber sido producido en el rumen, por medio de la hidrogenación del C18:1, ácido que de manera lógica, era el que más directamente se incorporaba.

Considerando que este tipo de grasa no alcanza un grado de protección suficiente, recientemente Dobarganes et al. (2005) emplean igualmente en ovejas, una dieta suplementada con una grasa protegida constituida por las sales cálcicas de los ácidos grasos del aceite de oliva, junto a una control no suplementada así como otra en la que la grasa se incluía en forma de aceite emulsionado en leche desnatada, dieta ésta

última que se administraba por biberón a animales en los que se había mantenido el funcionamiento reflejo de la gotera esofágica. La leche producida presentaba un contenido en ácidos grasos de cadena corta y media, menor en los casos de empleo de las dos dietas suplementadas con la grasa. Bajo consumo de la dieta administrada por biberón, se obtenía una leche con el más alto contenido en C18:1. El empleo de la dieta suplementada con las sales cálcicas, daba lugar a una leche con los mayores niveles de C18:0 y *trans*C18:1 junto a un valor intermedio de C18:1. Los autores concluyen que la grasa protegida utilizada resultaba severamente afectada por el ambiente ruminal, pareciendo que el mantenimiento del funcionamiento de la gotera esofágica, podría ser un modo más efectivo de *bypass* el rumen en ovejas adultas en lactación. Lo obtenido en estos ensayos resulta a nuestro entender lógico, ya que la dieta administrada vía biberón elude totalmente el paso a través del rumen. Si tomamos como referencia la producción en leche de C18:1 y *trans* C18:1, valores que resultaron iguales a: 16.8 y 1.10, 13.8 y 1.55 y, 6.5 y 0.83 g/día, para el consumo de la dieta suplementada y administrada por biberón, la suplementada con las sales cálcicas de los ácidos grasos y la control, respectivamente, se deduce que el empleo de las sales cálcicas lograba unos resultados no tan diferentes de los conseguidos bajo consumo de la administrada por biberón. Junto a esto habría igualmente, que tener en cuenta, los aspectos derivados de la complicación que conllevaría el administrar el suplemento lipídico de la forma aconsejada.

Resultados obtenidos en cabras

Morand-Fehr et al. (2000) informan de que la composición de la leche e incluso, del queso de cabra, refleja la composición de la grasa de la dieta (Gulati et al., 1997; Martín Alonso et al., 2000), a pesar de los procesos de hidrogenación e isomerización a que los ácidos grasos de la dieta pueden ser sometidos en el rumen, efecto que se pone más de manifiesto cuanto la grasa empleada queda protegida frente al metabolismo ruminal (Pérez et al., 1998; Sleiman et al., 1998; Sanz Sampelayo et al., 2002b, 2004).

Respecto de la posibilidad de hacer cambiar el perfil en ácidos grasos de la grasa de la leche de cabra, resultan numerosos los estudios llevados a cabo, habiéndose realizado últimamente, distintas revisiones sobre el tema (Morand-Fehr et al., 2000; Chilliard et al., 2003). La mayoría de estos estudios se refieren al efecto causado por medio del empleo de diferentes tipos de grasa, analizándose igualmente, la interacción que entre la naturaleza del forraje y tipo de grasa de la dieta normalmente se establece.

Sobre el efecto causado por medio de la suplementación de la dieta de la cabra con diferentes tipos de grasa, Chilliard et al. (2003), analizan la información disponible, discutiendo los principales resultados obtenidos en razón del tipo de grasa y composición de la misma. Esta información se refiere al empleo de ácido palmítico o esteárico (Astrup et al., 1985), sales cálcicas de aceite de palma (DeMaría Ghionna et al., 1997; Sleiman et al., 1998; Martín et al., 1999; Rapetti et al., 2002), aceites vegetales y semillas oleaginosas, protegidas o no frente al metabolismo ruminal (Astrup et al., 1985; Lanzani et al., 1985; DeMaría Ghionna et al., 1987; Baldi et al., 1992; Gulati et al., 1997; Mir et al., 1999; Schmidely y Sauvant, 2001), así como aceite de pescado (Kitessa et al., 2001).

Del análisis de estos resultados se deduce una amplia información la que puede resumirse de la manera siguiente. Cuando la fuente en cuestión resulta ser una grasa saturada protegida o no, la grasa de la leche aparece enriquecida en los ácidos grasos saturados correspondientes, incrementándose también, los monoinsaturados de igual número de átomos de carbono, disminuyendo a la vez, los niveles de C10–C14 o C10–C16 (Astrup et al., 1985; DeMaría Ghionna et al., 1987; Sleiman et al., 1998; Martín et al., 1999; Rapetti et al., 2002). Las razones de estos cambios resultan simples. Junto al incremento de los ácidos grasos contenidos en la grasa empleada, la acción de la D-9 desaturasa da lugar a un incremento de los niveles de los ácidos grasos monoinsaturados correspondientes. Chilliard et al. (2003) comentan cómo estos resultados aparecen semejantes en la vaca, señalando el importante papel que la D-9 desaturasa mamaria desempeña en cuanto a la regulación de la razón monoinsaturados/saturados de la leche, especialmente en relación con los ácidos grasos de 18 átomos de carbono.

Cuando la fuente de grasa es de composición poliinsaturada, en función de esta composición y del grado de protección de la misma, se obtiene una leche cuya grasa presenta en mayor o menor cantidad, los ácidos grasos poliinsaturados existentes en la dieta. Junto a esto, se señala un incremento en los niveles de C18:0 y C18:1, a expensas de los ácidos grasos de cadena corta y media (Lanzani et al., 1985; Bartocci et al., 1988; Baldi et al., 1992; Gulati et al., 1997; Mir et al., 1999), lo que en opinión de Chilliard et al. (2003) se debería a la hidrogenación de los poliinsaturados con 18 átomos de carbono hasta C18:0 y *trans* C18:1, ácidos que resultan ser inhibidores de la síntesis *de novo*. Los autores destacan cómo la caída en la cantidad de C12:0–C16:0 da lugar a una disminución del índice de aterogenicidad. Otro aspecto deducido es cómo la cantidad de CLA (especialmente el llamado ácido ruménico, el *cis*-9, *trans*-11 C18:2) o de ácido vaccénico (principal ácido *trans* C18:1) depende de la fuente lipídica en cuestión, de su naturaleza y del grado de protección alcanzado.

En base a unos resultados no publicados, Chilliard et al. (2003), analizan la información referente al empleo de semilla de lino o de girasol, así como de sus aceites, deduciéndose que la transferencia a leche de los PUFA, ácidos grasos *trans* y ácido ruménico, resultaba más alta en los casos en los que se empleaba directamente el aceite. La alteración que el metabolismo ruminal en tales casos sufre, determinaría que la biohidrogenación resultara entonces menos eficiente, derivándose en consecuencia, los resultados observados. Que duda cabe que junto a lo indicado, la alteración sufrida por el metabolismo ruminal, originaría unos cambios sobre la utilización de la dieta y, en consecuencia, sobre la producción y composición de la leche, digna de tener en cuenta. Al comparar igualmente, lo que sucede al emplear semilla de lino, de girasol, altramuz o de soja, se deducía que bajo consumo de la dieta con altramuz, la transferencia a leche de los ácidos grasos poliinsaturados, resultaba menos eficiente, lo que en opinión de Chilliard et al. (2003) podría deberse a la existencia de algún compuesto presente en el altramuz por el que la biohidrogenación resultara más alta. Igualmente y como consecuencia de la biohidrogenación de los ácidos grasos poliinsaturados, y de formarse a expensas de ellos, ácidos grasos saturados, la actividad de la D-9 desaturasa mamaria, aumentaba, incrementándose en leche, la razón oleico/esteárico. De la comparación del comportamiento de estas cuatro semillas, se deducía igualmente, que las mayores concentraciones en leche tanto del ácido vaccénico como ruménico, se daban bajo empleo de la semilla de girasol, lo que en opinión de Chilliard et al. (2003), tendría que ver con el modo en que la biohidrogenación de los ácidos grasos poliinsaturados correspondientes se llevaba a cabo. En el caso de la semilla de lino y soja, esto ocurriría lentamente, consiguiéndose en consecuencia, una biohidrogenación más completa, originándose los ácidos grasos totalmente saturados, no formándose por tanto, ni los *trans* C18:1 ni CLA.

Otros de los resultados analizados por Chilliard et al. (2003), corresponden a los obtenidos bajo empleo de aceite de pescado (Kitessa et al., 2001). Cuando éste se utilizaba sin ningún grado de protección, se obtenía una leche cuya grasa presentaba un incremento en los *trans* C18:1, una caída en el C18:0, unas pequeñas transferencias a leche del C20:5 y C22:6, detectándose igualmente, la aparición del ácido 10-hidrosiesteárico junto a un incremento sensible de C18:1, resultado éste último, al parecer debido a la movilización lipídica corporal que podría haber tenido lugar, ya que la ingesta de materia seca caía en un 50%. Las tasas de transferencia del C20:5 y C22:6 resultaban ser de un 4-5%, valores similares a los obtenidos en vacas (Chilliard et al., 2001). La protección parcial conseguida por una envuelta con caseína tratada con formaldehído, no evitaba el incremento en la concentración de *trans* C18:1 y 10-

hidrosiesteárico, lográndose aumentar levemente, las tasas de transferencia del C20:5 y C22:6. A partir de estos resultados se deduce como es posible obtener leche de cabra con grasa rica en PUFA n-3. Para evitar la caída en la ingesta así como la producción en el rumen de ácidos grasos *trans*, se recomienda que el nivel de inclusión de la grasa en la dieta, no sea alto y que el grado de protección de la misma frente al rumen, resulte máximo (Kitessa et al., 2001).

En este sentido, en nuestro grupo de trabajo, desde hace tiempo se viene considerando la posibilidad de obtener en base a un aceite de pescado, una grasa convenientemente protegida frente al metabolismo ruminal, la que incluida en la dieta en forma de sales cálcicas de los distintos ácidos grasos, diera lugar a una leche cuya grasa en razón de su perfil en ácidos grasos, resultara más saludable. Junto al análisis de la ingesta, utilización digestiva y metabólica de estas dietas (Sanz Sampelayo et al., 2002a), se ha analizado la utilización digestiva individual de los distintos ácidos grasos (Sanz Sampelayo et al., 2003; Fernández et al., 2004), considerándose en distintos estudios el efecto causado sobre la composición de la grasa láctea (Sanz Sampelayo et al., 1997, 2000, 2002b, 2004; Pérez et al., 1998, 2000) e incluso, la del queso elaborado con esa leche (Martín Alonso et al., 2000).

El proceso de protección y estabilización de la grasa, daba en un principio lugar, a un producto cuya composición reflejaba la del aceite original pero con unas claras diferencias respecto del contenido en los ácidos grasos más significativos (C20:5 y C22:6). En consecuencia, por medio de la inclusión de esta grasa en la dieta, se obtenía una leche cuya grasa presentaba niveles más altos de poliinsaturados, especialmente C18:2 y C18:3, junto a concentraciones más bajas de saturados. Al mismo tiempo, las cantidades de triglicéridos de cadena media (C6-C14), aparecían sin cambios significativos (Sanz Sampelayo et al., 1997, 2000, 2002b; Pérez et al., 1998, 2000). Después de estos primeros ensayos y una vez mejorado el proceso de protección y estabilización del aceite (Fernández et al., 2004), se lograba una grasa protegida cuyo perfil en ácidos grasos resultaba similar a la del aceite original. El empleo de este producto en la dieta daba lugar a una leche con un mayor contenido en ácidos grasos poliinsaturados n-3, especialmente C20:5 y C22:6, obteniéndose como en los casos anteriores, niveles más bajos de ácidos grasos saturados. Al mismo tiempo se deducían resultados indicativos del buen grado de protección conseguido, de acuerdo especialmente, con la utilización que tanto a nivel digestivo como metabólico las dietas presentaban (Sanz Sampelayo et al., 2003, 2004; Fernández et al., 2004). Según unos últimos resultados, la transferencia desde la dieta a leche conseguida para los ácidos C22:6, C20:5 y C22:5, resultaba

ser de un 3.0, 18.4 y 38.5%, respectivamente. Junto a esto, los niveles en la grasa de la leche de CLA y ácidos grasos *trans* C18:1, resultaban ser para el caso del consumo de la dieta suplementada o no suplementada con la grasa, iguales a 1,68 y 6,72% o, 0,36 y 0,76% respectivamente (Sanz Sampelayo et al., datos no publicados). Respecto del efecto del momento de la lactación en el que los estudios referidos fueron llevados a cabo, se deducía que cuando esto coincidía con el final de la lactación (Sanz Sampelayo et al., 2004) en vez de con el centro de la misma (Sanz Sampelayo et al., 2002b), los niveles en la grasa láctea tanto de poliinsaturados totales como de C20:5 y C22:6, aumentaban considerablemente. Al mismo tiempo, en uno de los trabajos referidos, se analizaba la persistencia de los efectos conseguidos una vez suspendida la suplementación (Sanz Sampelayo et al., 2004). De este estudio se deducía que la mayor producción de leche y rendimiento de grasa y proteína conseguido, se mantenía después de la suspensión. Por el contrario, el cambio en la composición de la grasa de la leche, desaparecía una vez suspendida la suplementación. Los autores concluyen indicando que la información obtenida podría servir para orientar sobre el manejo de la suplementación practicada, de acuerdo con los efectos que de ella en cada caso, se pretenda obtener.

De importancia resulta igualmente, el considerar la interacción que entre la fracción forraje de la dieta y la suplementación lipídica, puede establecerse en cuanto a determinar sobre todo, la composición en ácidos grasos de la grasa láctea. Morand-Fehr et al. (2000) indican que cuando se altera la proporción y el tipo de forraje de la dieta, la composición en ácidos grasos de la grasa de la leche, se altera no sólo en razón de que la síntesis *de novo* puede verse afectada, sino también, en razón del contenido y composición de la grasa del forraje en cuestión. Debido a esto, cuando por ejemplo, un heno de alfalfa se sustituye por una alfalfa deshidratada o un pasto, se administra menos fibra junto a una mayor cantidad de grasa rica en C18:2 y C18:3. Como consecuencia y debido a lo primero, se produce una grasa láctea con un mayor contenido en C18:1 y menos C18:2 (Sanz Sampelayo et al., 1998). En razón del segundo aspecto indicado, se consigue una grasa láctea más insaturada, con un mayor contenido en PUFA, junto a menos de C14:0 y C16:0, a la vez que, a veces, menos cantidad de C6 – C10 (Morand-Fehr et al., 2000).

Un aspecto particular es el señalado por Morand-Fehr et al. (2000). Estos autores indican que la síntesis de lípidos microbianos resulta muy activa en la cabra (Bas et al., 2000). Estos lípidos contienen niveles altos de ácidos grasos de cadena pequeña, particularmente de la forma iso y anteiso, así como ácidos grasos de cadena ramificada,

los que pueden encontrarse en la leche. La proporción de forraje y el tipo de éste, pueden determinar la composición de los lípidos microbianos, sobre todo la razón C18:0/C18:1, así como la proporción de ácidos grasos de cadena pequeña.

Como resumen de estos resultados, Morand-Fehr et al. (2000) terminan indicando que el contenido y naturaleza de la grasa de la dieta resultan ser unos factores que determinan la cantidad y composición de la grasa de la leche de cabra, de manera mucho más intensa que lo hace la cantidad y naturaleza de la fibra de la ración, pudiéndose por medio de la manipulación de estos factores llegar a obtenerse una leche con una determinada calidad nutritiva.

La posible interacción que entre la fracción forraje de la dieta y la suplementación lipídica de la misma, puede establecerse, es igualmente considerada por Chilliard et al. (2003). Por ejemplo, estos autores comentan que el contenido en ácido ruménico de la leche de cabra, resulta más alto en verano, cuando los animales reciben un pasto fresco, el que presenta un mayor contenido en C18:2. Indican igualmente, que diferentes dietas utilizadas en invierno, no parecen equivalentes en cuanto a la producción de ácido ruménico, pudiendo interaccionar de manera diferente con la grasa introducida en la dieta. Analizan el caso del empleo de un heno de alfalfa o un ensilado de maíz, junto a aceite de linaza o de girasol alto en oleico (Chilliard et al., 2002). De manera general se llegaba a deducir que el aceite de girasol alto en oleico, hacía aumentar en leche el contenido en C18:0 y C18:1, mientras que el aceite de linaza hacía aumentar el ácido ruménico junto al vaccénico, esto último en una cantidad de hasta 2.5 veces más alta que la del ácido ruménico, efectos que resultaban a la vez, mayores en el caso de consumo de la dieta con heno de alfalfa. Estos resultados son los que hacen decir a Chilliard et al. (2003), de que los efectos potenciales que sobre la salud humana tanto el CLA como los isómeros *trans* del C18:1 pueden llegar a tener, tienen que ser considerados de manera conjunta con sumo cuidado. De este modo se podrá predecir en cada caso el efecto que la suplementación de la dieta con una grasa, puede determinar sobre la calidad nutritiva de la grasa de la leche de cabra.

Conclusión

De la información hoy disponible, puede concluirse, que en relación con la naturaleza de su grasa, la leche de oveja y cabra presenta frente a la de vaca, una composición que la muestra altamente beneficiosa para el ser humano, tanto desde un punto de vista nutritivo como saludable. Esta composición las convierte, ya sea directamente o a partir de los productos lácteos en base a ellas elaborados, en alimentos de elección

para determinados estratos de la población en razón de sus requerimientos específicos. Junto a esto, distintas estrategias alimenticias vienen siendo diseñadas, estrategias con las que según los casos, se intenta optimizar la composición de estas leches en cuanto a su contenido en grasa y composición de la misma, dirigido todo ello a obtener un producto de una alta calidad, ya sea tecnológica, nutritiva o saludable.

Bibliografía

- Alfárez, M.J.M., Barrionuevo, M., López Aliagua, I., Sanz Sampelayo, M.R., Lisbona, F., Campos, M.S.** 2001. The digestive utilization of goat and cow milk fat in malabsorption syndrome. *J. Dairy Sci.* 68: 451-461.
- Alonso, L., Fontecha, J., Lozada, L., Fraga, M.J., Juárez, M.** 1999. Fatty acid composition of caprine milk: Major, branched-chain, and *trans* fatty acids. *J. Dairy Sci.* 82: 878-884.
- Andrade P. V. D., Schmidely, Ph.** 2005, Effect of duodenal infusion of trans10, cis12-CLA on milk performance and milk fatty acid profile in dairy goats fed high or low concentrate diet in combination with rolled canola seed. *Reprod. Nutr. Dev.* (En prensa).
- Astrup, H.N., Steine, T.A., Robstad, A.M.** 1985. Taste, free fatty acids and fatty acid content in goat milk. *Acta Agric.Scand.* 35: 315-320.
- Babayan, V.K.** 1981. Medium chain length fatty acids esters and their medical and nutritional applications. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 59: 49A-52A.
- Baldi, A., Cheli, F., Corino, C., Dell'Orto, V., Polidori, F.** 1992. Effects of feeding calcium salts of long chain fatty acids on milk yield, milk composition and plasma parameters of lactating goats. *Small Rumin. Res.* 6: 303-310.
- Barrionuevo, M., Alfárez, M.J.M., López Aliaga, I., Sanz Sampelayo, M.R., Campos, M.S.** 2002. Beneficial effect of goat milk on nutritive utilization of iron and copper in malabsorption syndrome. *J. Dairy Sci.* 85: 657-664.
- Bartocci, S., Terzano, G.M., Omero, A., Borghese, A.** 1988. Utilizzazione del seme integrale di cotone nella dieta die capre in lattazione. *Nota 1. Ann. Ist. Sper. Zootec.* 21: 135-146.
- Bas, P., Archimede, H., Rouzeau, A., Sauvant, D.** 2000. Influence of forage type and concentrate proportion, given to dry goats, on the duodenal microbial fatty acid composition. *Options Méditerr.* 52: 111-114.
- Bauman, D.E., Griinari, J.M.** 2001. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: Low fat syndrome. *Livest. Prod. Sci.* 70: 15-29.
- Bickerstaffe, R., Noakes, D.E., Anninon, E.F.** 1972. Quantitative aspects of fatty acid biohydrogenation, absorption and transfer into milk fat in the lactating goat, with special reference to the cis- and trans – isomers of octadecenoate and linoleate. *Biochem. J.* 130: 607-617.
- Bocquier, F., Rouel, J., Domalain, A., Chilliard, Y.** 2000. Effect of concentrate/dehydrated alfalfa ratio on milk yield and composition in Alpine dairy goats fed hay based diets. *Options Méditerr.* 52: 99-101.

- Boza, J.** 1993. Planificación ganadera del sureste ibérico. Seminario sobre la nutrición de rumiantes en zonas áridas y de montaña y su relación con la conservación del medio natural. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla, España, pp. 59-66.
- Boza, J.** 2005. Papel del ganado caprino en las zonas desfavorecidas. XXX Jornadas Científicas Nacionales y IX Internacionales de la SEOC. Granada, España.
- Boza, J., Sanz Sampelayo, M.R.** 1997. Aspectos nutricionales de la leche de cabra. *Ann. Acad. Cienc. Vet. Andalucía Oriental*. 10: 109-139.
- Brown-Crowder, I.E., Hart, S.P., Cameron, M., Sahlu, T., Goesch, A.L.** 2001. Effects of dietary tallow level on performance of Alpine does in early lactation. *Small Rumin. Res.* 39: 233-241.
- Brown-Crowder, I.E., Hart, S., Sahlu, T.** 1996. The use of bypass fat as energy supplement for high producing does during early lactation. *Proc. VI Int. Conference on Goats*. Beijing, China, pp 643-645.
- Cabiddu, A., Carta, G., Molle, G., Decandia, M., Addis, M., Piredda, G., Delogu, A., Pirisi, A., Lai, V., Cera, V., Taras, L., Lallai, C., Banni, S.** 2003. Relationship between feeding regimen and content of conjugated linoleic acid in sheep milk and cheese. First Joint Seminar, FAO-CIHEAM Sheep and Goat Nutrition and Mountain and Mediterranean Pastures Sub-Network. Granada, España, pp 38 (Abstr.).
- Caja, G., Bocquier, F.** 2000. Effects of nutrition on the composition of sheep's milk. *Options Méditerran.* 52: 59-74.
- Calderón, I., De Peters, E.J., Smith, N.E., Franke, A.A.** 1984. Composition of goat's milk: Changes within milking and effects of a high concentrate diet. *J. Dairy Sci.* 67: 1905-1911.
- Campos, M.S., López Aliaga, I., Alférez, M.J.M., Nestares, T., Barrionuevo, M.** 2003. Effects of goats' or cow's milks on nutritive utilization of calcium and phosphorus in rats with intestinal resection. *Br. J. Nutr.* 90: 61-67.
- Cannas, A., Pes, A., Mancuso, R., Vodret, B., Nudda, A.** 1998. Effect of dietary energy and protein concentration on the concentration of milk urea nitrogen in dairy ewes. *J. Dairy Sci.* 81: 499-508.
- Casals, R., Caja, G., Such, X., Torre, C.** 1989. Efectos de la incorporación de grasa y proteína no degradable en el concentrado de lactación de ovejas de ordeño. *Información Técnica Económica Agraria Prod. Anim.* 9 (Supl.): 107-109.
- Casals, R., Caja, G., Guillou, D., Torre, C., Such, X.** 1991. Variación de la composición de la leche de ovejas Manchegas según la dosis de lípidos protegidos. *Información Técnica Económica Agraria*, 11: 331-333.
- Casals, R., Caja, G., Guillou, D., Torre, C., Such, A.** 1992a. Influence of dietary levels of calcium soaps of long chain fatty acids on lactational performance of dairy ewes. *J. Dairy Sci.* 75: 174 (Abstr.).
- Casals, R., Caja, G., Such, X., Torre, C., Fabregas, X.** 1992b. Lactational evaluation of effects of calcium soap and undegraded intake protein on dairy ewes. *J. Dairy Sci.* 75: 87 (Abstr.).
- Casals, R., Caja, G.** 1993. Interés del empleo de los suplementos lipídicos en la alimentación de ovino y caprino en zonas áridas. Seminario sobre la nutrición de rumiantes en zonas áridas y de montaña

- p> y su relación con la conservación del medio natural. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla, España, pp. 173-193.
- Casals, R., Caja, G., Such, X., Torre, C., Calsamiglia, S.** 1999. Effects of calcium soaps and rumen undegradable protein on the milk production and composition of dairy ewes. *J. Dairy Sci.* 66: 177-191.
- Chilliard, Y., Bocquier, F.** 1993. Effects of fat supplementation on milk yield and composition in dairy goats and ewes. *Proc. 5th Int. Symposium on La Qualita nelle produzioni dei piccoli ruminanti.* Camera di Comercio Industria Artigiano Agricoltura di Varese, Italia, pp 61-78.
- Chilliard, Y., Doreau, M.** 1997. Influence of supplementary fish oil and rumen-protected methionine on milk yield and composition in dairy cows. *J. Dairy Res.* 64: 173-179.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Mansbridge, R.M., Doreau, M.** 2000. Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, *trans* and conjugated fatty acids. *Ann. Zootech.* 49: 181-205.
- Chilliard, Y., Lamberet, G.** 2001. Biochemical characteristics of goat milk lipids and lipolytic system. A comparison with cows and human milk. Effect of lipid supplementation. Institut Technique des Produits Laitiers Caprins (ITPLC). Surgères, Francia, pp. 71-114.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Doreau, M.** 2001. Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livest. Prod. Sci.* 70: 31-48.
- Chilliard, Y., Chabousseau, J.M., Rouel, J., Capitan, P., Gominard, C., Gaborit, P., Juanéda, P., Ferlay, A.** 2002. Interactions between forage nature and sunflower or linseed oil supplementation on goat milk fatty acids of interest for human nutrition. *Proc. 19th Gen. Mtg. Eur. Grassl. Fed. La Rochelle.* Grassl. Sci. Eur. 7: 548-549.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Rouel, J., Lamberet, G.** 2003. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci.* 86: 1751-1770.
- Collomb, M., Bütikofer, U., Sieber, R., Jeangros, B., Bosset, J.O.** 2002. Composition of fatty acids in cow's milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland using high-resolution gas chromatographic. *Int. Dairy J.* 12: 649-659.
- Daccord, R.** 1987. Effect of addition of animal or vegetable fat to a hay based diet on digestibility and nitrogen balance in the lactating goat. *Ann. Zootech.* 36: 329 (Abstr.).
- Delage, J., Fehr, P.M.** 1967. Influence des lipides alimentaires sur la sécrétion des acides gras par la mamelle de chèvre. I. Influence de la teneur du régime en lipides sur le taux butyreux du lait et sa composition en acides gras. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.* 7: 437-444.
- DeMaria Ghionna, C., Bartocci, S., Terzano, G.M., Borghese, A.** 1987. Acidi grassi salificati con calcio nell'alimentazione di capre in lattazione: l'effetto sulla produzione, sul contenuto di grasso e di protein del latte. *Ann. Ist. Sper. Zootec.* 20: 231-242.
- Dobarganes García, C., Pérez Hernández, M., Cantalapiedra, G., Salas, J.M., Merino, J.A.** 2005. Bypassing the rumen in dairy ewes: The reticular groove reflex vs. calcium soap of olive fatty acids. *J. Dairy Sci.* 88: 741-747.

- Fedele, V., Signorelli, F., Brancaleoni, E., Ciccioli, P., Claps, S.** 2000. Effect of concentrate grain source and herbage intake on physical-chemical factors and milk aroma in grazing goats. Proc. 7th International Conference on Goats. Tours, Francia. Tomo I. pp. 152-154.
- Fernández, J.R., Rodríguez Osorio, M., Ramos, E., de la Torre, G., Gil Extremera, F., Sanz Sampelayo, M.R.** 2004. Effect of rumen-protected supplements of fish oil on intake, digestibility and nitrogen balance of growing goats. Anim. Sci. 79: 483-491.
- Forbes, J.M.** 1986. Dietary factors affecting intake. In: Forbes, J.M. (Ed.), The Voluntary Feed Intake of Farm Animals. Butterworths, Londres, pp. 85-113.
- Gafo, C., Caja, G., Peris, S., Molina, E., Casals, R.** 1995. Utilización de jabones cálcicos de ácidos grasos en cabras Murciano-Granadinas durante la lactación. Parámetros productivos y metabólicos. Información Técnica Económica Agraria. 16: 738-740.
- García Unciti, M.** 1996. Utilidad terapéutica de los triglicéridos de cadena media (MCT). Dietas cetogénicas en la epilepsia infantil. Nutr. Clin. 16: 7-35.
- Gargouri, A., Caja, G., Gafo, C., Such, X., Ferret, A.** 1997. Modificación del perfil en ácidos grasos de la leche de oveja mediante el empleo de jabones cálcicos de ácidos grasos de cadena larga. Información Técnica Económica Agraria Prod. Anim. 18 (Supl.): 694-696.
- Giger, S., Sauvant, D., Hervieu, J.** 1987. Digestive interactions between forages and concentrates in lactating goat diet. Proc. IV Inter. Conference on Goats. Brasilia, Brasil. Vol. II, pp. 1421-1422.
- Gihad, E.A., El-Gallad, T.T., Allam, S.M., El-Bedawy, T.M.** 1987. Performance of Zaraibi and Damascus lactating does fed high and low energy rations. Ann. Zootech. 36: 336-337.
- Gobi, J.P., Rochon, J.J.** 1998. Evaluation de la qualité des laits et fromages de chèvre et influence du system d'élevage en régions Méditerranéenne. Proc. Inter. Symposium on basis of the quality of typical Mediterranean animal products. EAAP Publication No 90, Wageningen Pers, Wageningen, (NL), pp. 239-243.
- Guevara, G.J., Guerrero, G.G., Contreras, L.C., Bermúdez, E.** 1992. Bypass fat supplementation on goat milk production and composition. Proc. V Inter. Conference on Goats. Vol. I, International Goat Association, New Delhi, India, pp. 166 (Abstr.).
- Guevara, G.J., Contreras, L.C., Guerrero, G.G., Bermúdez, E.** 1994. Utilización de diferentes niveles de grasa de sobrepaso sobre la producción y contenido graso de la leche al inicio de la lactación. VII Reunión Nacional de Producción Caprina. San Carlos de Bariloche, Argentina, pp. 53 (Abstr.).
- Gulati, S.K., Byers, E.B., Biers, Y.G., Ashes, J.R., Scott, T.W.** 1997. Effect of feeding different fat supplements on the fatty acid composition of goat milk. Anim. Feed Sci. Technol. 66: 159-164.
- Ha, J.K., Lindsay, R.C.** 1993. Release of volatile branched-chain and other fatty acids from ruminant milk fats by various lipases. J. Dairy Sci. 76: 677-690.
- Hachelaf, W., Boukhrela, M., Benbouabdellah, M., Coquin, P., Desjeux, J.F., Boudraa, G., Touhami, M.** 1993. Digestibilité des graisses du lait de chèvre chez des infants présentant une malnutrition d'origine digestive. Comparaison avec le lait de vache. Lait 73: 593-599.

- Hadjipanayiotou, M.** 1999. Feeding ensiled crude olive cake to lactating Chios ewes, Damascus goats and Friesian cows. *Livest. Prod. Sci.* 59: 61-66.
- Haenlein, G.F.W.** 1992. Role of goat meat and milk in human nutrition. *Proc. V International Conference on Goats*. Inter. Goat Association, New Delhi, India, Vol. II, 575-580.
- Haenlein, G.F.W.** 1996. Nutritional value of dairy products of ewe and goat milk. *Proc. IDF/CIRVAL Seminar Production and Utilization of Ewe and Goat Milk*. Vol. 9603, Internat. Dairy Fed. Publ., Brussels, Bélgica, pp. 159-179.
- Haenlein, G.F.W.** 2001. Past, present and future perspectives of small ruminant research. *J. Dairy Sci.* 84: 2097-2115.
- Haenlein, G.F.W.** 2004. Goat milk in human nutrition. *Small Rumin. Res.* 51: 155-163.
- Hart, S.P.** 2000. Nutrition for the high producing dairy doe. *J. Anim. Sci.* 78 (Suppl. 1), 8 (Abstr.).
- Havrevoll, Æ., Garmo, T.H., Eik, L.O., Eknaes, M.** 1998. Effect of length of grazing period during the day on milk yield in dairy goats. *Proc. 8th Meeting Nutr. Sheep and Goats*. Grignon, Francia, pp. 88.
- Horton, G.M.J., Wohlt, J.E., Palatini, D.D., Baldwin, J.A.** 1992. Rumen protected lipid for lactating ewes and their nursing lambs. *Small Rumin. Res.* 9: 27-36.
- Hussain, Q., Havrevoll, Æ., Eik, L.O.** 1996. Effect of type of roughage on feed intake, milk yield and body condition of pregnant goats. *Small Rumin. Res.* 22: 131-139.
- Kadzere, C.T., Jingura, R.** 1993. Digestibility and nitrogen balance in goats given different levels of crushed whole soybeans. *Small Rumin. Res.* 10: 175-180.
- Kitessa, S.M., Gulati, S.K., Ashes, J.R., Fleck, E., Scott, T.W., Nichols, P.D.** 2001. Utilisation of fish oil in ruminants. II. Transfer of fish oil fatty acids into goats' milk. *Anim. Feed Sci. Technol.* 89: 201-208.
- Kovessy, M., Robinson, J.J., Long, A.K., Aitken, R.P.** 1987. The effect of a dietary supplement of protected fat on the yield and composition of milk from ewes receiving different levels of fish meal in their diet. *Anim. Prod.* 44: 482, (Abstr.).
- Lanzani, A., Bondioli, P., Mariani, C., Fedele, E., Polidori, F., Dell'Orto, V., Corino, C., Guisi, A., Contarini, G., Ferro, E.** 1985. Prove di impiego di un «Liquid Feed» addizionato con grassi protetti in capre nell'alimentazione di capre in lattazione. *Atti 6^é Congr. Naz. Scientific Association of Animal Production (ASPA)*. Bologna, Italia, pp. 87-92.
- LeDoux, M., Rozeau, A., Bas, P., Sauvant, D.** 2002. Occurrence of trans-C18:1 fatty acid isomers in goat milk: Effect of two dietary regimens. *J. Dairy Sci.* 85: 190-197.
- Léger, C., Suvant, D., Hervieu, J., Ternois, F.** 1994. Influence of duodenal infusions of EPA and DHA on the lipidic milk secretion of the dairy goat. *Ann. Zootech.* 43: 297 (Abstr.).
- López-Aliaga, I., Alférez, M.J.M., Barrionuevo, M., Nestares, T., Sanz Sampelayo, M.R., Campos, M.S.** 2003. Study on nutritive utilization of protein and magnesium in rats with resection of the distal small intestine. Beneficial effect of goat milk. *J. Dairy Sci.* 86: 2958-2966.
- López-Aliaga, I., Alférez, M.J.M., Nestares, M.T., Ros, P.B., Barrionuevo, M., Campos, M.S.** 2005. Goat milk feeding causes and increase in biliary secretion of cholesterol and a decrease in plasma cholesterol levels in rats. *J. Dairy Sci.* 88: 1024-1030.

- Marques, M.R., Belo, C.C.** 2003. Fatty acids composition of milk fat in grazing dairy ewes. First Joint Seminar FAO-CIHEAM Sheep and Goat Nutrition and Mountain and Mediterranean Pastures Sub-Network. Granada, España, pp. 41 (Abstr.).
- Martín, L., Rodríguez, P., Rota, A., Rojas, A., Pascual, M.R., Patón, D., Tovar, J.** 1999. Effect of protected fat supplementation to lactating goats on growth and fatty acid composition of perirenal fat in goat kids. *Anim. Sci.* 68: 195-200.
- Martín Alonso, J.J., Morón, D., Gil Extremera, F., Sanz Sampelayo, M.R., Boza, J.** 2000. Goat cheese fat composition in relation to that of the original milk. *Proc. 7th Inter. Conference on Goats.* Tours, Francia, Tomo II, pp. 616 (Abstr.).
- McGuire, M.A., McGuire, M.K.** 2000. Conjugated linoleic acid (CLA): A ruminant fatty acid with beneficial effects on human health. *Proc. Am. Soc. Anim. Sci. Annu. Mtg.* 1999.
- Mir, Z., Goonewardene, L.A., Okine, E., Jaegar, S., Scheer, H.D.** 1999. Effect of feeding canola oil on constituents, conjugated linoleic acid (CLA) and long chain fatty acids in goats milk. *Small Rumin. Res.* 33: 137-143.
- Morand-Fehr, P., Chilliard, Y., Sauvant, D.** 1982. Goat milk and its components: secretory mechanism and influence of nutritional factors. *3rd Inter. Conference on Goats.* Tucson, Arizona, USA, pp. 113-121.
- Morand-Fehr, P., Sauvant, D., Bas, P.** 1984. Utilisation des matières grasses chez les ruminants. Expériences sur chèvres laitières. Cycle Approfondi d'Alimentation Animale (CAAA). Peut-on et comment utiliser les matières grasses dans les rations des vaches laitières. Nov. 8, Association pour le Développement de l'Enseignement du Perfectionnement et de la Recherche à l'Institut National Agronomique Paris-Grignon (ADEPRINA). Paris, Francia, pp. D1-D2.
- Morand-Fehr, P., Bas, P., Sauvant, D., Hervieu, J., Chilliard, Y.** 1986. Influence de la nature de l'aliment concentré sur le métabolisme des chèvres en fin de gestation et en début de lactation. *Reprod. Nutr. Dévelop.* 26: 349-350.
- Morand-Fehr, P., Bas, P., Sauvant, D.** 1987. Influence de la nature et de la quantité de lipides ajoutés à la ration sur la sécrétion de lait et de matière grasse chez la chèvre. *Reprod. Nutr. Dévelop.* 27: 309-310.
- Morand-Fehr, P., Bas, P., Blanchart, G., Daccord, R., Giger Reverdin, S., Gihad, E.A., Hadjipanayiotou, M., Mowlem, A., Remeuf, F., Sauvant, D.** 1991. Influence of feeding on goat milk composition and technological characteristics. En: Morand-Fehr, P. (Ed.), *Goat Nutrition*, Pudoc, Wageningen, (NL), pp. 209-224.
- Morand-Fehr, P., Sanz Sampelayo, M.R., Fedele, Y.V., Le Frileux, Y., Eknaes, M., Schmidely, Ph., Giger Reverding, S., Bas, P., Rubino, R., Havrevoll, A.E., Sauvant, D.** 2000. Effect of feeding on the quality of goat milk and cheeses. *Proc. 7th Inter. Conference on Goats.* Tours, Francia, Tomo I, pp. 53-58.
- Mowlem, A., Oldham, J.D., Nash, S.** 1985. Effect of concentrate allowance on *ad libitum* hay consumption by lactating British Saanen goats. *Ann. Zootech.* 34: 474 (Abstr.).

- Osuna, D.R., Casals, R., Caja, G., Peris, S.** 1998. Effects of feeding whole oilseeds to partially replace calcium soaps of fatty acids on dairy ewes intake and milk production and composition. *J. Dairy Sci.* 81 (Suppl. 1): 302 (Abstr.).
- Pérez, L., Sanz Sampelayo, M.R., Gil Extremera, F., Boza, J.** 1998. Production of a more healthy goat milk. Use of diets supplemented with protected fat rich in PUFAs. En: Flamant, J.C., Gabiña, D., Espejo Díaz, M. (Eds.), *Proceedings International Symp. Basis of the quality of typical mediterranean animal products*. EAAP Publication No 90, Wageningen Pers, Wageningen, (NL), pp. 203-208.
- Pérez, L., Sanz Sampelayo, M.R., Gil Extremera, F., Boza, J.** 2000. Effects of soap supplies on goat milk production and composition. *Options Méditerr.* 52: 103-106.
- Pérez Alba, L.M., De Souza Cavalcanti, S., Pérez Hernández, M., Martínez Marín, A., Fernández Marín, G.** 1997. Calcium soaps of olive fatty acids in the diets of Manchega dairy ewes: Effects on digestibility and production. *J. Dairy Sci.* 80: 3316-3324.
- Pérez Hernández, M., Robinson, J.J., Aitken, R.P., Fraser, C.** 1986. The effect of dietary supplements of protected fat on the yield and fat content of ewe's milk and lamb growth rate. *Anim. Prod.* 42: 455 (Abstr.).
- Polidori, F., Cheli, F., Baldi, A., Corino, C., Dell'Orto, V.** 1989. Influenze sulle caratteristiche quanti-qualitative del latte di capra di una dieta addizionata di saponi di calcio. *Atti del XXIV Simposio Internazionale di Zootecnia, Piccoli ruminanti oggi*. Milano, Italia, pp. 149-153.
- Polidori, F., Baldi, A., Cheli, F., Pulina, G.** 1991. Alimentazione e qualità del latte caprino. *III Simposio Internazionale: Qualità del latte ovino-caprino*. Varese, Italia, pp. 105-134.
- Precht, D., Molkentin, J.** 1996. Rapid analysis of the isomers of trans-octadecenoic acid in milk fat. *Int. Dairy J.* 6: 791-809.
- Rapetti, L., Crovetto, G.M., Galassi, G., Sandrucci, A., Succi, G., Tamburini, A., Battelli, G.** 2002. Effect of maize, rumen-protected fat and whey permeate on energy utilisation and milk fat composition in lactating goats. *Ital. J. Anim. Sci.* 1: 43-53.
- Razafindrakoto, O., Revelomanana, N., Rasolofo, A., Rakotoarimanana, R.D., Rourgue, P., Coquin, P., Briend, A., Desjeux, J.F.** 1993. Le lait de chèvre peut-il remplacer le lait de vache l'enfant malnutri?. *Lait* 73: 601-611.
- Robinson, J.J.** 1986. Formulation of feeding strategies for sheep. *Proc. Inter. Seminar: Feedingstuffs evaluation, modern aspects, problems, future trends*. Aberdeen, Reino Unido, pp. 76-92.
- Rousselot, M.C., Broqua, C.B., de Araujo, C., Borgida, L.P.** 1995. Effets des fibres et de matières grasses protégées sur la composition du lait de chèvre. *Ann. Zootech.* 44 (Suppl.), 376 (Abstr.).
- Rubino, R., Moioli, B., Fedele, V., Pizzillo, M., Morand-Fehr, P.** 1995. Milk production of goats grazing native pasture under different supplementation regimes in southern Italy. *Small Rumin. Res.* 17: 13-221.
- Sanz Sampelayo, M.R., Fonollá de Cuevas, J., Gil Extremera, F., Boza López, J.** 1996. Sensibilidad de la cabra al síndrome de leche de bajo contenido en grasa. *XXI Jornadas Científicas de la SEOC*. Logroño, España, pp. 315-321.

- Sanz Sampelayo, M.R., Pérez, L., Sanz, B., Gil Extremera, F., Boza, J.** 1997. Modification of goat milk fat composition by nutritional means. Interesting aspects to consider. Proc. 16th Inter. Congress of Nutrition. Montreal, Canada, pp. 361 (Abstr.).
- Sanz Sampelayo, M.R., Pérez, L., Boza, J., Amigo, L.** 1998. Forage of different physical forms in the diets of lactating Granadina goats: Nutrient digestibility and milk production and composition. J. Dairy Sci. 81: 92-498.
- Sanz Sampelayo, M.R., Martín Alonso, J.J., Morón, D., Pérez, L., Boza, J.** 2000. Production of healthier goat milk. Use of a concentrate supplemented with a «protected» fat rich in PUFA. J. Physiol. Biochem. 56: 31-236.
- Sanz Sampelayo, M.R., Pérez, L., Martín Alonso, J.J., Amigo, L., Boza, J.** 2002a. Effects of concentrates with different contents of protected fat rich in PUFAs on the performance of lactating Granadina goats. Part II. Milk production and composition. Small Rumin. Res. 43: 41-148.
- Sanz Sampelayo, M.R., Pérez, L., Martín Alonso, J.J., Gil Extremera, F., Boza, J.** 2002b. Effects of concentrates with different contents of protected fat rich in PUFAs on the performance of lactating Granadina goats 1. Feed intake, nutrient digestibility, N and energy utilisation for milk production. Small Rumin. Res. 43: 33-139.
- Sanz Sampelayo, M.R., Fernández Navarro, J.R., Ramos Morales, E., de la Torre Adarve, G., Boza, J.** 2003. Digestive utilization of the fat and individual fatty acids of a protected fat rich in PUFAs in goats. First Joint Seminar, FAO-CIHEAM Sheep and Goat Nutrition and Mountain and Mediterranean Pastures Sub-Network. Granada, España, pp. 33 (Abstr.).
- Sanz Sampelayo, M.R., Martín Alonso, J.J., Pérez, L., Gil Extremera, F., Boza, J.** 2004. Dietary supplements for lactating goats by polyunsaturated fatty acid-rich protected fat. Effects after supplement withdrawal. J. Dairy Sci. 87: 796-1802.
- Sauvant, D., Morand-Fehr, P., Bas, P.** 1986. L'intérêt des lipides dans les aliments concentrés: Observations chez la chèvre. Les Dossiers de l'Elevage 5: 1-57.
- Sauvant, D., Morand-Fehr, P.** 2000. Quantitative analysis of dairy goat response to concentrate supply. Proc. 7th Inter. Conference on Goats. Tours, Francia, Tomo I, pp. 80-81.
- Schmidely, Ph., Lloret Pujol, M., Bas, P., Rouzeau, A., Sauvant, D.** 1999. Influence of feed intake and source of dietary carbohydrate on milk yield and composition, nitrogen balance, and plasma constituents of lactating goats. J. Dairy Sci. 82: 747-755.
- Schmidely, Ph., Sauvant, D.** 2001. Taux butyreux et composition de la matière grasse du lait chez les petits ruminants: effets de l'apport de matières grasses ou d'aliment concentré. INRA Prod. Anim. 14: 337-354.
- Selner, D.R., Schultz, L.H.** 1980. Effects of feeding oleic acid or hydrogenated vegetable oils to lactating cows. J. Dairy Sci. 63: 1235-1241.
- Sklan, D., Nagar, L., Arieli, A.** 1990. Effects of feeding different levels of fatty acids or calcium soaps of fatty acids on digestion and metabolizable energy in sheep. Anim. Prod. 50: 93-98.

- Sleiman, F.T., Bayoun, M.I., Uwayjan, M.G., Farran, M.T., Rubeiz, I.G., Khalil, R.F., Ashkarian, V.M.** 1998. Influence of feeding calcium protected fat on goats milk production and composition. *J. Anim. Sci.* 76 (Suppl. 1): 302 (Abstr.).
- Storry, J.E., Rook, J.A.F.** 1965. The effects of a diet low in hay and high in flaked maize on milk fat secretion and on the concentration of certain constituents in the blood plasma of the cow. *Br. J. Nutr.* 19: 101-109.
- Storry, J.E., Brumby, P.E., Tuckley, B., Welch, V.A., Stead, D., Fulford, R.J.** 1980. Effect of feeding protected lipid to dairy cows in early lactation on the composition of blood lipoproteins and secretion of fatty acids in milk. *J. Agric. Sci. Camb.* 94: 503-1516.
- Sutton, J.D.** 1976. Energy supply from the digestive tract. En Swan, H., Brooster, W.H. (Eds.), *Principles of Cattle Production*. Butterworths, Londres, pp. 121-142.
- Van Soest, P.J.** 1997. Interactions of feeding behaviour and forage composition. *Proc. IV Inter. Conference on Goats*. Brasilia, Brasil, Vol. II pp. 971-987
- Wolf, R.L.** 1995. Content and distribution of trans-18:1 acids in ruminant milk and meat fats. Their importance in European diets and their effect on human milk. *JAOCS* 72: 259-272.

